昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*，February 2006，49(1)：70 – 73 ISSN 0454-6296

东南沿海地区小菜蛾对 Bt δ-内毒素和 Bt 制剂的抗性检测

王崇利，武淑文，杨亦桦，吴益东*

（南京农业大学植物保护学院昆虫学系，农业部病虫监测与治理重点开放实验室，南京 210095）

摘要：**采用浸叶法测定了 2003 年秋季、2004 年春季采自广东惠州、福建福州、浙江杭州和江苏南京的小菜蛾** *Plutella xylostella* **田间种群对 Cry1Aa、Cry1Ab、Cry1Ac 和 Cry2Aa 以及 Bt 制剂** *kurstaki* **亚种（***Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*，Btk）的抗性水平。与敏感品系 PHI-S 相比，广东惠州田间小菜蛾种群的抗性水平最高，其对 Cry1Ab 和 Cry1Ac 的抗性分别达到了 168 和 120 倍，均为高抗水平；对 Btk 制剂的抗性有 47 倍，达到了中抗水平；对 Cry1Aa 和 Cry2Aa 具有低水平抗性（分别为 5.8 和 5.6 倍）。福建福州、浙江杭州和江苏南京田间小菜蛾种群抗性水平相近，对 Cry1Ab 和 Cry1Ac 具有低至中等水平抗性（8～28 倍），对 Btk 制剂具有低水平抗性（3.5～7 倍），对 Cry1Aa 和 Cry2Aa 还没有产生明显抗性。因此，在我国东南沿海地区要注意 Btk 制剂与 Bt 其他亚种制剂或其他生物杀虫剂轮换使用，以减小 Bt 制剂对小菜蛾的选择压力，延缓小菜蛾对 Bt 抗性的发展。**

关键词：**小菜蛾；Bt 制剂；Bt 毒素；抗药性**

中图分类号：Q965 文献标识码：A 文章编号：0454-6296(2006)01-0070-04

Field-evolved resistance to Bt δ-endotoxins and Bt formulation in *Plutella xylostella* from the southeastern coast region of China

WANG Chong-Li，WU Shu-Wen，YANG Yi-Hua，WU Yi-Dong*（Department of Entomology，College of Plant Protection，Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Diseases and Pest Insects，Ministry of Agriculture，Nanjing Agricultural University，Nanjing 210095，China）

Abstract：Levels of resistance to Cry1Aa，Cry1Ab，Cry1Ac，Cry2Aa and Bt formulation（*Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*，Btk）in four field populations of *Plutella xylostella* collected respectively from Huizhou of Guangdong Province（GD-HZ），Fuzhou of Fujian Province（FJ-FZ），Hangzhou of Zhejiang Province（ZJ-HZ）and Nanjing of Jiangsu Province（JS-NJ）during the autumn of 2003 and the spring of 2004 were investigated. Compared with the susceptible PHI-S strain，the GD-HZ population exhibited high level resistance to Cry1Ab and Cry1Ac（168 and 120-fold respectively），middle level resistance to Btk（47-fold）and low level resistance to Cry1Aa and Cry2Aa（5.8 and 5.6-fold，respectively）. The FJ-FZ，ZJ-HZ and JS-NJ populations showed similar resistance levels，with middle level resistance to Cry1Ab and Cry1Ac（8 to 28-fold），low level resistance to Btk（3.5 to 7-fold）and no resistance to Cry1Aa and Cry2Aa. So，it was proposed that the rotations of Btk with other Bt subspecies or other kinds of bioinsecticides should be encouraged in order to delay resistance development of *P. xylostella* in southeastern China.

Key words：*Plutella xylostella*；*Bacillus thringiensis* subsp. *kurstaki*；Bt δ-endotoxins；resistance

小菜蛾 *Plutella xylostella* 属鳞翅目菜蛾科，是十字花科蔬菜的主要害虫，在世界上 80 多个国家都有分布（Harcourt，1956），全球每年用于防治小菜蛾的费用达到 10 亿美元（Talekar and Shelton，1993）。小菜蛾在我国各省区均有分布，但以南方各省广大蔬菜产区发生较为严重。小菜蛾由于年发生世代多（一般在亚热带为 8～12 代，热带为 20 代以上），繁殖率高，世代重叠严重，极易产生抗药性。Bt 制剂

基金项目：国家‘863’项目（2001AA249040）

作者简介：王崇利，男，1980 年生，硕士研究生，研究方向为昆虫分子毒理学，E-mail：chongli2002@sina.com

* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：wyd@njau.edu.cn

收稿日期 Received：2005-07-05；接受日期 Accepted：2005-11-22

由于其具有良好的环境相容性，对非靶标生物安全，对靶标生物高效等优点，而被广泛应用于防治小菜蛾。但在 Bt 的选择压力下，昆虫同样能够产生抗药性。Tabashnik 等（1990）首次报道了在长期使用 Bt 的美国夏威夷田间小菜蛾对 Bt 产生了抗性，于 1989 年检测到 SO 田间种群对 Bt 制剂（*kurstaki* 亚种）产生了 25 倍的抗性。此后，小菜蛾田间种群对 Bt 的抗性相继在菲律宾、中美洲、马来西亚等国家或地区有报道（Ferré *et al*.，1991；Tabashnik，1994；Perez and Shelton，1995；Wright *et al*.，1997）。尽管通过室内筛选获得了很多昆虫对 Bt 的抗性品系，但目前只有小菜蛾和粉纹夜蛾 *Trichoplusia ni* 在田间对 Bt 产生了抗性（Griffitts and Aroian，2005）。

我国大部分地区的小菜蛾对 Bt 制剂的抗性处于低水平或敏感性下降阶段，而广东的供港菜区则表现出中等抗性水平。冯夏等（1996）报道广东深圳、东莞地区等供港菜区小菜蛾对 Bt 的抗性为 17.97～30.65 倍。李建洪等（1998）对深圳、东莞和广州菜区的田间小菜蛾种群检测结果表明，小菜蛾对 Bt 标准品 Cs3ab-1991 的抗性倍数分别为 8.9、6.5 和 2.1 倍。周程爱等（2000）报道长沙地区小菜蛾对 Bt 的抗性由 1997～1999 年的 1.3～4.0 倍发展到 2000 年的 6.8 倍。余德亿等（2000）报道福建地区小菜蛾田间种群对湖北 Bt 和福建 Bt（8010）的抗性分别由 1997 年的 2.27 和 3.23 倍上升到 1999 年的 8.80 倍和 10.24 倍。郭世俭等（2003）报道浙江杭州、萧山、金华和温州的小菜蛾对 Bt 制剂还没有产生抗性。目前国内还未见报道小菜蛾对 Bt δ-内毒素的抗性情况。

由于小菜蛾种群存在地区差异，不同地区使用的 Bt 菌株种类、使用频率和使用强度等也有很大的差异，仅测定某一省份小菜蛾对 Bt 制剂的抗性还不够，还应在更大范围内检测田间小菜蛾对 Bt 制剂和不同 Bt δ-内毒素的抗性水平。本文作者选用国内最常用的 Bt 制剂 *kurstaki* 亚种以及 4 种 Bt 毒素 Cry1Aa、Cry1Ab、Cry1Ac 和 Cry2Aa，检测了我国东南沿海 4 省份的田间小菜蛾种群对它们的抗性水平，以期为制定小菜蛾对 Bt 抗性的治理对策提供依据。

1　材料与方法

1.1　试虫来源及饲养

敏感品系 PHI-S 和 ROTH 均由英国洛桑试验站（Rothamsted Research，UK）惠赠，这 2 个品系已经在室内不接触药剂条件下饲养 15 年以上。2003 年秋季从广东惠州和福建福州、2004 年春季从江苏南京和浙江杭州的甘蓝菜地采集小菜蛾老熟幼虫和蛹，在室内用萝卜苗饲养 1 代后测定。测定时均选用 3 龄初期幼虫。

小菜蛾的饲养采用蛭石萝卜苗饲养方法（陈之浩等，1990；刘传秀等，1993）。在成虫羽化后，饲养笼内放置浸过 10% 蜂蜜糖水的脱脂棉球，为成虫补充营养。饲养温度 25±1℃，相对湿度 60%～70%，光周期 16L∶8D。

1.2　供试药剂

4 种 Bt δ-内毒素 Cry1Aa、Cry1Ab、Cry1Ac 和 Cry2Aa 为经过纯化、并被胰蛋白酶活化的毒素蛋白冻干粉，由法国 CIRAD 提供。Bt 制剂为 *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki*（简称 Btk），效价为 15 000 IU/mg，为湖北省农业科学院 Bt 研究开发中心产品。

1.3　生物测定方法

参照 Tabashnik 和 Cushing（1987）的叶片浸渍法。取洁净的甘蓝叶片，用打孔器（避开叶片的主脉）将叶片制成直径为 4.8 cm 的圆片。用 0.1% 曲拉通水溶液稀释 Bt 制剂和毒素，将每种药剂设置 5～7 个浓度，以 0.1% 曲拉通溶液处理作对照。将叶片在药液中浸 10 s，放在平板上自然晾干 2 h，然后将叶片转入培养皿中，在培养皿底放一层浸过蒸馏水的滤纸保湿。每皿接入 8 头 3 龄初期幼虫，每个浓度重复 5 次，共处理 40 头幼虫。Bt 毒素处理 120 h 后查结果，Bt 制剂处理 72 h 后查结果。对照死亡率控制在 10% 以内。用毛笔轻触小菜蛾幼虫腹部末端，若头部不能摆动、不能向前爬动则视为死亡。

实验数据用 POLO 软件处理，计算毒力回归方程的斜率（*b* 值）、LC_{50} 值及 95% 置信限。

2　结果与分析

2.1　Bt 制剂（Btk）对不同地区小菜蛾田间种群的毒力

Btk 对不同地区小菜蛾田间种群的毒力见表 1。Btk 对敏感品系 ROTH 和 PHI-S 的毒力相近，PHI-S 品系更加敏感一些，因此本研究以 PHI-S 品系的毒力回归线作为敏感毒力基线。与 PHI-S 品系相比，广东惠州小菜蛾田间种群对 Btk 达到中等抗性水平，抗性倍数为 47 倍；福建福州、浙江杭州和江苏南京小菜蛾田间种群对 Btk 的抗性倍数分别为 7、4 和 3.5 倍，处于低水平抗性阶段。

表 1　Bt 制剂对不同地区小菜蛾田间种群的毒力

Table 1　Toxicity of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* to different populations of *Plutella xylostella* in the southeastern coast region of China

种群 Populations	斜率 ± 标准误 Slope ± *SE*	LC_{50} (mg/L) (95%置信限) (95%FL)	抗性指数 * Resistance ratio *
ROTH	2.26 ± 0.28	0.025 (0.02 ~ 0.03)	1.25
PHI-S	2.13 ± 0.30	0.02 (0.01 ~ 0.03)	1
GD-HZ	1.05 ± 0.15	0.94 (0.62 ~ 1.41)	47
FJ-FZ	2.04 ± 0.28	0.14 (0.09 ~ 0.21)	7
ZJ-HZ	1.31 ± 0.19	0.08 (0.06 ~ 0.12)	4
JS-NJ	1.23 ± 0.17	0.07 (0.05 ~ 0.10)	3.5

* 抗性指数为与 PHI-S 品系的 LC_{50} 相比而得 Resistance ratio was determined by comparing with the LC_{50} for the PHI-S strain. GD-HZ：广东惠州 Huizhou, Guangdong；FJ-FZ：福建福州 Fuzhou, Fujian；ZJ-HZ：浙江杭州 Hangzhou, Zhejiang；JS-NJ：江苏南京 Nanjiang, Jiangsu. 下同 The same below.

表 2　4 种 Bt δ-内毒素对不同地区小菜蛾田间种群的毒力

Table 2　Toxicity of four Bt δ-endotoxins to different populations of *Plutella xylostella* in the southeastern coast region of China

毒素 Toxins	种群 Populations	斜率 ± 标准误 Slope ± *SE*	LC_{50} (mg/L) (95%置信限) (95%FL)	抗性指数 Resistance ratio
Cry1Aa	ROTH	1.26 ± 0.12	0.10 (0.07 ~ 0.15)	0.6
	PHI-S	1.16 ± 0.18	0.17 (0.12 ~ 0.25)	1.0
	GD-HZ	1.02 ± 0.16	0.99 (0.64 ~ 1.57)	5.8
	FJ-FZ	1.14 ± 0.25	0.23 (0.14 ~ 0.37)	1.4
	ZJ-HZ	1.18 ± 0.22	0.26 (0.15 ~ 0.39)	1.5
	JS-NJ	1.44 ± 0.17	0.59 (0.15 ~ 0.85)	3.5
Cry1Ab	ROTH	1.05 ± 0.16	0.01 (0.007 ~ 0.02)	2.0
	PHI-S	1.82 ± 0.23	0.005 (0.003 ~ 0.009)	1.0
	GD-HZ	1.18 ± 0.19	0.84 (0.56 ~ 1.25)	168
	FJ-FZ	0.92 ± 0.15	0.14 (0.07 ~ 0.22)	28
	ZJ-HZ	1.23 ± 0.13	0.12 (0.08 ~ 0.23)	24
	JS-NJ	0.98 ± 0.18	0.09 (0.06 ~ 0.16)	18
Cry1Ac	ROTH	1.92 ± 0.11	0.015 (0.009 ~ 0.026)	3.0
	PHI-S	1.29 ± 0.13	0.005 (0.003 ~ 0.007)	1.0
	GD-HZ	1.35 ± 0.20	0.60 (0.41 ~ 0.85)	120
	FJ-FZ	1.48 ± 0.22	0.09 (0.06 ~ 0.13)	18
	ZJ-HZ	1.38 ± 0.18	0.04 (0.03 ~ 0.05)	8
	JS-NJ	1.43 ± 0.23	0.05 (0.04 ~ 0.07)	10
Cry2Aa	ROTH	1.88 ± 0.20	0.85 (0.44 ~ 2.96)	1.1
	PHI-S	1.35 ± 0.25	0.79 (0.58 ~ 1.11)	1.0
	GD-HZ	1.27 ± 0.22	4.42 (3.01 ~ 6.71)	5.6
	FJ-FZ	0.97 ± 0.16	1.13 (0.67 ~ 1.76)	1.4
	ZJ-HZ	1.63 ± 0.21	0.84 (0.64 ~ 1.11)	1.1
	JS-NJ	1.45 ± 0.15	0.62 (0.43 ~ 0.84)	0.8

2.2　4 种 Bt 毒素对不同地区小菜蛾田间种群的毒力

表 2 中列出了 4 种 Bt 毒素对小菜蛾 2 个敏感品系和 4 个田间种群的毒力水平。Cry1Ac 和 Cry1Ab 对 PHI-S 品系的毒力最高，均为 0.005 mg/L，而 Cry1Aa 与 Cry2Aa 对 PHI-S 品系的毒力较低，分别为 0.17 mg/L 和 0.79 mg/L；Cry1Ac 和 Cry1Ab 对小菜蛾田间种群的毒力同样较高，而 Cry1Aa 与 Cry2Aa 对小菜蛾田间种群的毒力也较低。广东惠州小菜蛾田间种群对 Cry1Ab 和 Cry1Ac 具有高水平抗性，抗性倍数分别为 168 倍和 120 倍；而对 Cry1Aa 和 Cry2Aa 只有低水平抗性，抗性倍数分别为 5.8 倍和 5.6 倍。福建福州、浙江杭州和江苏南京小菜蛾田间种群抗性水平相近，对 Cry1Ab 和 Cry1Ac 具有低至中等水平抗性(8 ~ 28 倍)，对 Cry1Aa 和 Cry2Aa 还没有产生明显抗性。

总体上看，广东惠州小菜蛾田间种群对几种毒素的抗性水平较高，福建福州、浙江杭州和江苏南京的田间种群对几种毒素的抗性水平较低；但是对于不同的毒素具有不同的抗性水平，对 Cry1Ab 和 Cry1Ac 的抗性水平要远远高于 Cry1Aa 和 Cry2Aa。

在我国使用的 Bt 制剂主要为 *kurstaki* 亚种，此亚种所表达的 δ-内毒素主要有 Cry1Aa、Cry1Ab、Cry1Ac、Cry2Aa 和 Cry2Ab 等，Cry1Ab、Cry1Ac 和 Cry1Aa 分别占 Cry1 型毒素总量的 53%、19% 和 28% (Liu *et al*., 1996)。另外，测定 Cry1Ab 和 Cry1Ac 对小菜蛾敏感品系的毒力时，发现 Cry1Ab 和 Cry1Ac 的毒力高于其他毒素的毒力，因此田间小菜蛾受到这 2 种毒素的选择压较大。尽管 Cry1Aa 在产生的毒素中含量较高，但它的毒力很低，该毒素实际产生的选择压力较小，因而田间小菜蛾的抗性水平较低。

3　讨论

20 世纪 80 年代初我国南方开始使用 Bt 制剂防治小菜蛾，并取得了良好的防治效果。但是随着 Bt 制剂大范围频繁使用，田间小菜蛾已经对 Bt 制剂产生了抗药性，尤其是供港菜区，Bt 制剂使用频繁，这些菜区田间小菜蛾已达到中等水平抗性。冯夏等(1996)报道广东深圳、东莞地区等供港菜区小菜蛾对 Bt 的抗性为 17.97 ~ 30.65 倍。本研究结果表明广东惠州田间小菜蛾对 Bt 制剂的抗性已高达 47 倍，说明 Bt 制剂的长期使用造成了小菜蛾抗性的进一步增长。因此，在防治小菜蛾时要注意 Bt 制剂与其他生物杀虫剂或 Bt 其他亚种制剂轮换使用，以减小 Bt 制剂对小菜蛾的选择压力，延缓小菜蛾对 Bt 抗性的发展。

为了更加清楚地了解田间抗性的发展情况，还

需要做好小菜蛾对 Bt 制剂和 Bt δ-内毒素抗性的长期监测工作，扩大监测区域，了解田间小菜蛾对 Bt 的抗性潜力；同时，还需研究田间小菜蛾的交互抗性、抗性遗传和抗性机理等。我国小菜蛾对 Bt 的抗性水平具有地区性差异，可以制定出针对不同区域的抗性治理措施，延缓其对 Bt 制剂抗性的发展，从而延长 Bt 制剂在防治小菜蛾等害虫方面的使用寿命。

通过检测小菜蛾对 Bt δ-内毒素的抗性发现，我国部分地区田间小菜蛾已经对 Cry1Ab 和 Cry1Ac 等毒素产生了高水平抗性，而且对 Cry1Aa 和 Cry2Aa 等毒素也产生了低水平抗性。Liu 等（1996）报道美国夏威夷田间小菜蛾对 Cry1C 毒素也产生了 20 倍以上的抗性。Tabashnik 等（1994）报道使用 Btk 筛选的小菜蛾对 Cry1F 毒素产生了大于 200 倍的交互抗性。将 Bt 毒素基因转入作物中，可以安全有效地防治害虫，如目前开发比较成功的转 Cry1Ac 基因棉花、玉米等，对棉铃虫和玉米螟等都有很好的防治效果，因此人们也试图开发转基因蔬菜，以防治对十字花科蔬菜危害比较严重的小菜蛾等重要害虫。鉴于小菜蛾对 Bt 毒素的广谱交互抗性，在转基因蔬菜的开发中选择适当的 Bt 毒素基因显得尤为重要。

参考文献（References）

Chen ZH，Liu CX，Li FL，1990. Report of breeding methods to succeed in reproducing diamondback moth abundantly. *Guizhou Agricultural Sciences*，4：52 – 53. [陈之浩，刘传秀，李凤良，1990. 小菜蛾继代繁殖大量饲养方法研究初报. 贵州农业科学，4 ：52 – 53]

Feng X，Chen HY，Shuai YH，Xie QH，Lu YC，1996. A study on the resistance of diamondback moth to *Bacillus thuringiensis* in Guangdong. *Acta Entomol. Sin.*，39 (3)：238 – 244. [冯夏，陈焕瑜，帅应恒，谢齐贺，卢悦昌，1996. 广东小菜蛾对苏云金杆菌的抗性研究. 昆虫学报，39 (3) ：238 – 244]

Ferré J，Real MD，van Rie J，Jansens S，Peferoen M，1991. Resistance to the *Bacillus thuringiensis* bioinsecticide in a field population of *Plutella xylostella* is due to a change in a midgut membrane receptor. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*，88：5 119 – 5 123.

Griffitts JS，Aroian RV，2005. Many roads to resistance：how invertebrates adapt to Bt toxins. *BioEssays*，27：614 – 624.

Guo SJ，Lin WC，Zhang JM，2003. Investigation on insecticide resistance of diamondback moth in main vegetable cultivation regions of Zhejiang Province. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*，15(1)：19 – 22. [郭世俭，林文彩，章金明，2003. 浙江省主要菜区小菜蛾抗药性的研究. 浙江农业学报，15(1)：19 – 22]

Harcourt DG，1956. Biology of the Diamondback Moth，*Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera：Plutellidae) in Eastern Ontario. I. Distribution，Economic History，Synonymy and General Description. 37th Report of the Quebec Society for the Protection of Plants. 155 – 160.

Li JH，Wu JH，Yu ZN，Akhurst R，1998. Resistance of *Plutella xylostella* (L.) to *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Huazhong Agricultural University*，17 (3)：214 – 217. [李建洪，伍建宏，喻子牛，Ray Akhurst，1998. 小菜蛾对苏云金芽孢杆菌的抗药性研究. 华中农业大学学报，17(3)：214 – 217]

Liu CX，Han ZJ，Li FL，1993. Research of breeding methods to succeed in reproducing diamondback moth abundantly with vermiculite in the laboratory. *Entomological Knowledge*，30(6)：341 – 344. [刘传秀，韩招久，李凤良，1993. 应用蛭石萝卜苗法室内继代大量繁殖小菜蛾的研究. 昆虫知识，30(6)：341 – 344]

Liu YB，Tabashnik BE，Pusztai-Carey M，1996. Field-evolved resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1C in diamondback moth. *J. Econ. Entomol.*，89：798 – 804.

Perez CJ，Shelton AM，1997. Resistance of *Plutella xylostella* (Lepidoptera：Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis* Berliner in Central America. *J. Econ. Entomol.*，90 (1)：87 – 93.

Tabashnik BE，1994. Evolution of resistance to Bt. *Annu. Rev. Entomol.*，39：47 – 79.

Tabashnik BE，Cushing NL，1987. Leaf residue *vs*. topical bioassays for assessing insecticide resistance in the diamondback moth，*Plutella xylostella* L. *FAO Plant Prot. Bull.*，35 (1)：11 – 14.

Tabashnik BE，Cushing NL，Finson N，Johnson MW，1990. Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera：Plutellidae). *J. Econ. Entomol.*，83：1 671 – 1 676.

Tabashnik BE，Finson N，Johnson MW，Hechel DG，1994. Cross-resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin Cry1F in the diamondback moth (*Plutella xylostella*). *Appl. Environ. Microbiol.*，60：4 627 – 4 629.

Talekar NS，Shelton AM，1993. Biology，ecology and management of diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.*，38：275 – 301.

Wright DJ，Iqbal M，Granero F，Ferré J，1997. A change in a single midgut receptor in the diamondback moth (*Plutella xylostella*) is only in part responsible for the field resistance to *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* and *B. thuringiensis* subsp. *aizawai*. *Appl. Environ. Microbiol.*，63：1 814 – 1 819.

Yu DY，Tang BS，Zhan ZX，Fu JW，2000. Resistance investigation of field populations of diamondback moth from Fujian Province. *Fujian Agricultural Science and Technology*，1：14 – 16. [余德亿，汤葆莎，占志雄，傅建炜，2000. 福建省小菜蛾田间抗药性测定. 福建农业科技，1：14 – 16]

Zhou CA，Wang XP，Chen ZF，Xiang YP，Zhang YJ，Wang KW，Zhu GR，2000. Insecticide resistance of diamondback moth in Changsha and effects of synergist on insecticides. *Journal of Hunan Agricultural University* (*Natural Sciences*)，26(5)：358 – 362. [周程爱，王小平，陈章发，向延平，张友军，王奎武，朱国仁，2000. 长沙地区小菜蛾田间种群抗药性及增效剂的作用. 湖南农业大学学报(自然科学版)，26(5)：358 – 362]

（责任编辑：黄玲巧）